



Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας-Σχολή Περιβάλλοντος

Ανοικτό ακαδημαϊκό μάθημα

Μέθοδοι Προσομοίωσης και Εφαρμογές

Διδάσκοντες: Γ. Τσιρτσής, Καθηγητής

Δρ Β. Κολοβογιάννης, ΕΔΙΠ



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



## Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



### 13. ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Τα στοχαστικά μοντέλα, σε αντίθεση με όσα παρουσιάστηκαν έως τώρα όπου οι παράμετροι ήταν σταθερές, λαμβάνουν τις τιμές μίας ή περισσότερων παραμέτρων μέσα από κατανομές πιθανοτήτων. Κατά συνέπεια το αποτέλεσμα της προσομοίωσης είναι διαφορετικό κάθε φορά που εκτελείται το μοντέλο. Το τελικό αποτέλεσμα είναι συνήθως μέσες τιμές των μεταβλητών κατάστασης σε κάθε βήμα και οι τυπικές αποκλίσεις τους. Παραδείγματα τέτοιων μοντέλων στην οικολογία είναι τα μοντέλα κατανομής της οικοθέσης (niche apportionment models) και τα μοντέλα της ουδέτερης θεωρίας (neutral models), που προτάθηκαν από τον Hubbell (2001). Μία εφαρμογή των μοντέλων οικοθέσης στην οικολογία φυτοπλαγκτού δίδεται στη συνέχεια ως παράδειγμα στοχαστικού μοντέλου.

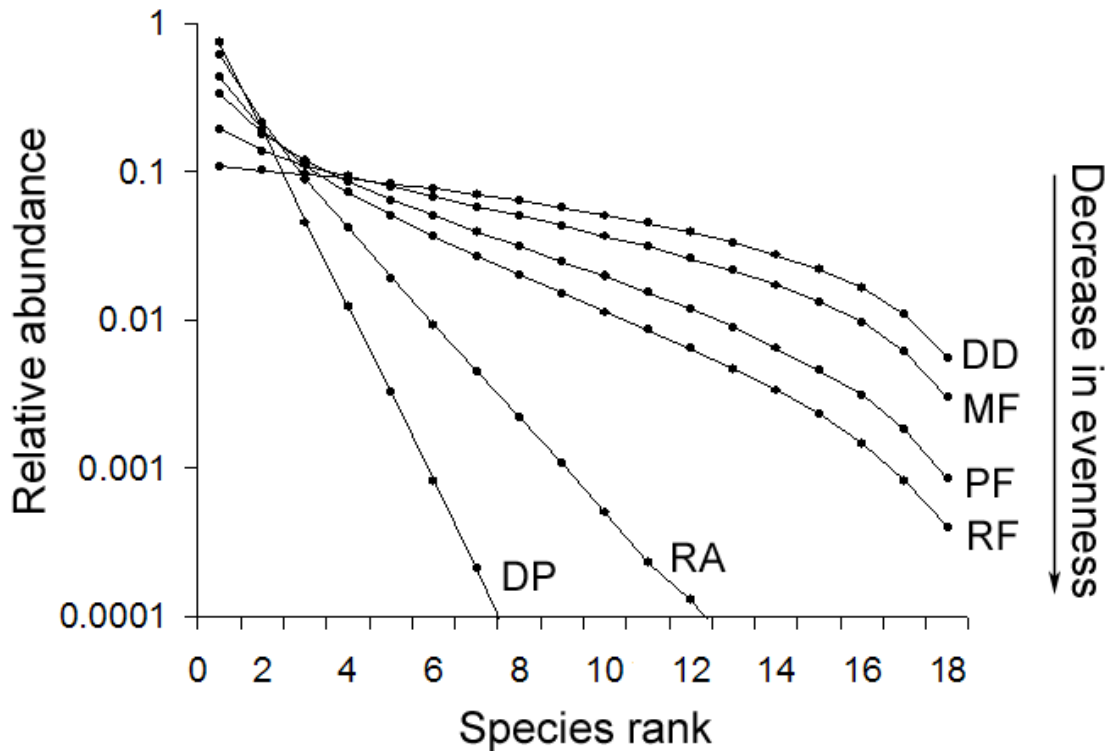
Η κατανομή σειράς αφθονίας (Rank Abundance Distribution, RAD) στην οικολογία, αποτελεί την πιο λεπτομερή αναπαράσταση μιας συνάθροισης, ενσωματώνοντας τόσο τον πλούτο ειδών, όσο και τη σχετική αφθονία τους (Magurran 2004). Η RAD είναι ανεξάρτητη της ταυτότητας των ειδών, παρέχει μια εικόνα της δομής της συνάθροισης, και αντανακλά την εξέλιξη της κοινότητας και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ειδών (Tokeshi and Schmid 2002). Μοντέλα που προσομοιάζουν τις RADs παρέχουν μια χρήσιμη εικόνα των μηχανισμών που διαμορφώνουν τις κοινότητες (Tokeshi 1999) και επιτρέπουν την κατανόηση της δομής της κοινότητας σε σχέση με το χρόνο, το χώρο, τη διαθεσιμότητα των πόρων, και άλλους πιθανούς περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως οι διαταραχές (Mouillot et al. 2000).

Παραδοσιακά, τα πρότυπα αφθονίας των ειδών περιγράφονται από ντετερμινιστικά μοντέλα που βασίζονται σε στατιστικές κατανομές, που χρησιμοποιούνται είτε περιγραφικά, ή προέκυψαν βάσει οικολογικών υποθέσεων (McGill et al. 2007). Για το φυτοπλαγκτόν έχουν χρησιμοποιηθεί μοντέλα όπως του Zipf-Mandelbrot (Juhos and Voros 1998) και του Mandelbrot (Devaux και Aleya 1993), καθώς και της λογαριθμοκανονικής κατανομής (Tsirtsis et al. 2008). Τα παραπάνω μοντέλα περιγράφουν επιτυχώς κατανομές αφθονίας σε διαφορετικά επίπεδα ευτροφισμού. Το ουδέτερο μοντέλο της βιοποικιλότητας (Hubbell 2001), που βασίζεται στη βιογεωγραφία νησιών, εφαρμόστηκε επίσης με επιτυχία σε κοινότητες φυτοπλαγκτού σε λίμνες (Walker και Cyr 2007) και της θάλασσας (Pueyo 2006, Spatharis et al. 2009).

Εκτός από τα παραπάνω μοντέλα, χρησιμοποιούνται επίσης στοχαστικά μοντέλα κατανομής οικοθέσης για την παροχή μηχανιστικής ερμηνείας των παρατηρούμενων προτύπων (Magurran 2004). Τα μοντέλα αυτά, εισήχθησαν και αναπτύχθηκαν από τον Tokeshi (1990, 1993, 1996, και 1999), και βασίζονται στη θεωρητική υπόθεση ότι οι αφθονίες των ειδών είναι ανάλογες των πόρων που χρησιμοποιούν. Ειδικότερα βασίζονται στην ιδέα ότι το σύνολο των οικοθέσεων/πόρων διαιρείται σε μικρότερες υπομονάδες για τα νέα είδη που εισάγονται στην κοινότητα, και τα διάφορα μοντέλα διαφοροποιούνται ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνει χώρα η διαίρεση αυτή (Tokeshi 1999). Επομένως, εάν μία συνάθροιση περιγράφεται επιτυχώς με ένα από τα μοντέλα, η αντίστοιχη οικολογική υπόθεση θεωρείται ότι ισχύει και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ερμηνεία της δομής της κοινότητας.

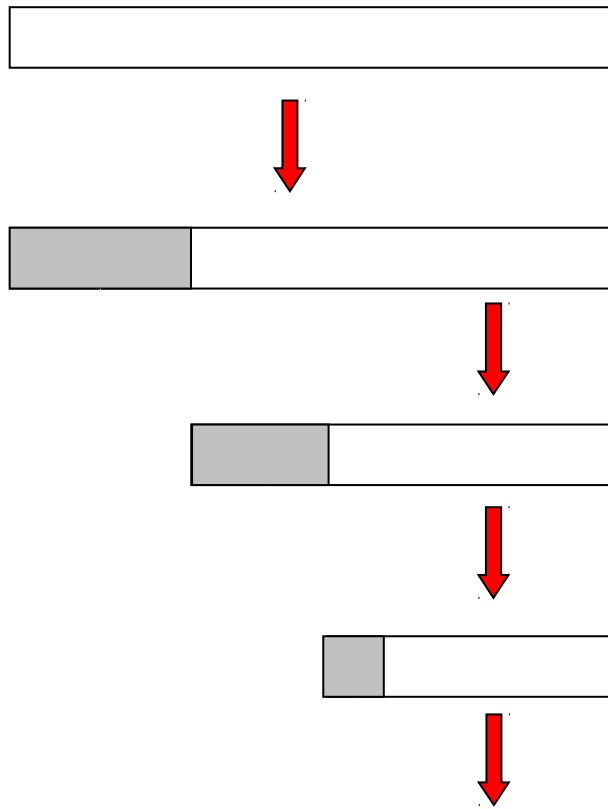
Τα στοχαστικά μοντέλα διανομής οικοθέσης που έχουν προταθεί από τον Tokeshi είναι έξι. Βασίζονται σε διαφορετικές υποθέσεις σχετικά με το πώς η διαθέσιμη οικοθέση διαμοιράζεται σε μικρότερες υπομονάδες όταν στην κοινότητα προστίθενται νέα είδη. Αν η υπόθεση βασίζεται στην επιλογή της μεγαλύτερης οικοθέσης για διαίρεση, τότε η προκύπτουσα κατανομή θα είναι περισσότερο ομοιόμορφη, σε σχέση με την αντίστοιχη υπόθεση που διαμοιράζεται η μικρότερη οικοθέση (Magurran 2004). Στην πρώτη περίπτωση το μοντέλο λέγεται Dominance Decay, ενώ στη

δεύτερη Dominance pre-emption (Σχήμα 13.1). Τα υπόλοιπα μοντέλα προβλέπουν κατανομές ενδιάμεσης ομοιομορφίας. Για παράδειγμα στο μοντέλο Power fraction η πιθανότητα επιλογής μιας οικοθέσης είναι ανάλογη του μεγέθους της υψωμένο στη δύναμη  $k$ . Αν  $k=0$  το μοντέλο λέγεται Random fraction, ενώ αν  $k=1$  λέγεται Mc Arthur fraction. Τέλος το μοντέλο Random assortment αναφέρεται σε μια τυχαία συλλογή οικοθέσεων.

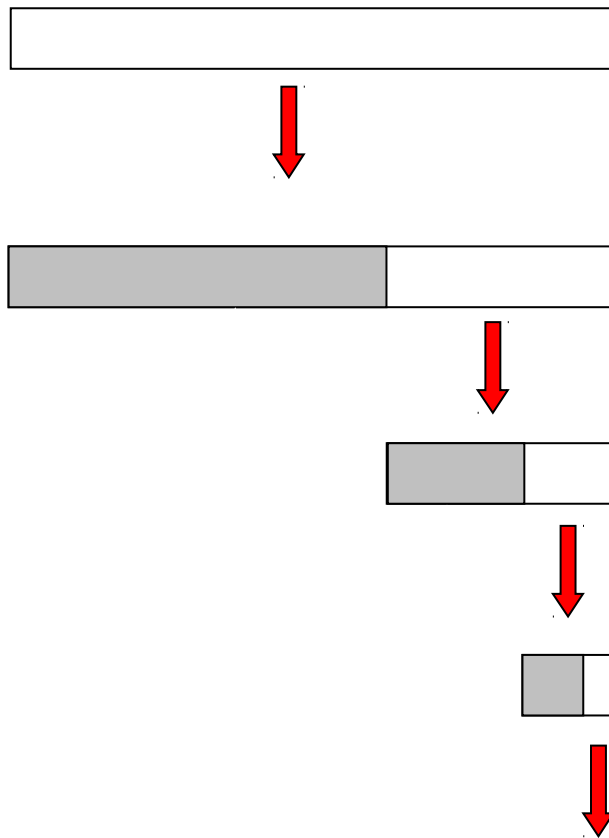


Σχήμα 13.1. Η δομή των κοινοτήτων που προβλέπουν τα μοντέλα Tokeshi για 16 είδη. Το Dominance decay (DD) προβλέπει την πιο ομοιόμορφη κατανομή, ενώ το Dominance pre-emption (DP) την λιγότερο ομοιόμορφη (με τη μεγαλύτερη κυριαρχία ειδών).

Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας διανομής της οικοθέσης κατά την είσοδο νέου είδους στην κοινότητα δίδεται παρακάτω για την περίπτωση του μοντέλου Dominance decay που προβλέπει την πλέον ομοιόμορφη κοινότητα (Σχήμα 13.2) και του μοντέλου Dominance pre-emption που προβλέπει κοινότητα με μεγάλη κυριαρχία (Σχήμα 13.3).



Σχήμα 13.2. Μηχανισμός διαμοιρασμού της οικοθέσης στο μοντέλο Dominance decay. Διαμοιράζεται σε κάθε βήμα (είσοδο νέου είδους) πάντα τυχαίο μέρος της μεγαλύτερης οικοθέσης (σημειώνεται με κόκκινο βέλος).



Σχήμα 13.3. Μηχανισμός διαμοιρασμού της οικοθέσης στο μοντέλο Dominance pre-emption. Διαμοιράζεται σε κάθε βήμα (είσοδο νέου είδους) πάντα τυχαίο μέρος της μικρότερης οικοθέσης (σημειώνεται με κόκκινο βέλος).